


**Optical micro-sensor chip, for detecting gases, comprises photonic crystal including micro-resonator, light source and detector**

**Patent number:** DE10119618  
**Publication date:** 2002-10-24  
**Inventor:** SANDOGHDAR VAHID (CH); KRAMPER PATRIK (DE)  
**Applicant:** UNIV KONSTANZ (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **G01N21/35; G01N21/31;** (IPC1-7): G01N21/61  
- **european:** G01N21/35B  
**Application number:** DE20011019618 20010421  
**Priority number(s):** DE20011019618 20010421

**Also published as:** WO02086469 (A1)**Report a data error here****Abstract of DE10119618**

The sensor comprises a photonic crystal (1) including a micro-resonator (2), a light source and a detector. Preferred Features: The light source is a quantum cascade laser. The micro-resonator contains a laser-active substance. The micro-resonator exhibits diverse resonances. These are used for detection of the individual gases. A sensor for the detection of several gases comprises a combination of any of the above units, which are integrated on a chip.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 19 618 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**G 01 N 21/61**

②① Aktenzeichen: 101 19 618.0  
②② Anmeldetag: 21. 4. 2001  
④③ Offenlegungstag: 24. 10. 2002

DE 101 19 618 A 1

⑦① Anmelder:  
Universität Konstanz, 78464 Konstanz, DE

⑦② Erfinder:  
Sandoghdar, Vahid, Prof. Dr., Zürich, CH; Kramper,  
Patrik, Dr., 78462 Konstanz, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 45 324 C2  
DE 37 18 908 C1  
DE 198 35 769 A1  
DE 697 00 103 T2  
DE 696 08 850 T2  
DE 696 00 544 T2  
US 61 51 112 A  
US 59 99 259 A

Miniaturisierte Sensoren. In: GIT Fachz. Lab.  
10/92, S.1034-1037;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Optischer Mikro-Gassensor

DE 101 19 618 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für die optische Detektion eines oder mehrerer gasförmiger Stoffe.

[0002] Bisher bekannte Vorrichtungen für die optische Detektion von Gasen nutzen in der Regel die Absorption von Licht im mittelinfraroten Spektralbereich der Gasmoleküle in einer Gaszelle aus. Beispiele dafür sind K. Chan et al., Appl. Opt. 22, 3802 (1983); K. Chan et al., Appl. Opt. 23, 3415 (1983) und M. Saito et al., J. Appl. Phys. 63, 269 (1988).

[0003] Die typische Länge einer solchen Gaszelle beträgt ca. 10 cm, wodurch die Kompaktheit des gesamten Sensors, insbesondere was die Möglichkeiten zur Integration in ein Halbleiterbauelement ("Chip") betrifft, erheblich eingeschränkt wird. Die prinzipiell bestehende Möglichkeit, die effektive Wechselwirkungslänge durch mehrfachen Umlauf des Lichtes innerhalb eines optischen Resonators zu vergrößern, gestaltet sich im mittelinfraroten Spektralbereich, wo die Absorptionslinien der molekularen Gase liegen, besonders schwierig, so dass in diesem Spektralbereich der Aufwand zur Herstellung geeigneter Resonatoren sehr hoch ist.

[0004] Eine weitere aus A. Brandenburg et al., Sensors and Actuators B, 11, 361 (1993) bekannte Realisierung eines optischen Gassensors beruht auf der chemischen Veränderung einer Oberfläche durch Reaktion mit dem Gas, die optisch detektiert wird. Der Nachteil dieser Methode ist deren unbefriedigende Nachweispempfindlichkeit.

[0005] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung für die optische Detektion eines oder mehrerer gasförmiger Stoffe vorzuschlagen, die die genannten Nachteile überwindet.

[0006] Diese Aufgabe wird gemäß den kennzeichnenden Teilen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen enthalten.

[0007] Der erfindungsgemäße Ansatz zur optischen Detektion von Gasen beruht auf der Verwendung eines Mikroresonators 2 in einem Photonischen Kristall 1. Hierbei werden die Veränderungen der optischen Eigenschaften dieses Mikroresonators 2 im Photonischen Kristall 1 ausgenutzt, die von den Gasmolekülen 3 hervorgerufen werden, die sich in diesem Mikroresonator 2 befinden. Auf diese Weise lassen sich ein oder auch mehrere Gase gleichzeitig sehr empfindlich nachweisen sowie ihre jeweilige Konzentration bestimmen.

[0008] Als Photonische Kristalle 1 bezeichnet man Materialien mit einem periodisch modulierten Brechungsindex. Werden gewisse Anforderungen an die Struktur, die den Brechungsindexunterschied, die Geometrie usw. betreffen, erfüllt, so bildet sich eine sogenannte Photonische Bandlücke aus. Das bedeutet physikalisch, daß es einen Wellenlängenbereich gibt, der ungefähr der Periodizität der Struktur entspricht, in dem die Struktur aufgrund von Interferenzeffekten das einfallende Licht in keiner Richtung transmittiert, obwohl die Materialien eigentlich transparent sind. Fügt man in das ansonsten perfekt periodische Gitter eine Fehlstelle ein, so formt diese Fehlstelle einen Mikroresonator 2, der rundherum von reflektierenden Wänden umgeben ist und in dem eingestrahktes Licht eingefangen wird und wiederholt umläuft. Der Defekt kann auf unterschiedliche Weise verwirklicht sein, zum Beispiel aus Luft oder aus dem höherbrechenden Material bestehen, sowie über nur eine oder mehrere Perioden ausgedehnt sein.

[0009] Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass der Gasdetektor extrem klein sein kann, da der eigentliche Sensor, der Mikroresonator 2, nur eine Größe von einigen Mikrometern aufweist und sich sowohl die Lichtquelle 4 und/oder 6, als auch der Mikrore-

sonator 2 und der Detektor 5 auf einem einzigen Halbleiterbauelement ("Chip") integrieren lassen. Dies macht die Anordnung nicht nur klein, sondern darüber hinaus auch intrinsisch stabil.

[0010] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass sich gleichzeitig mehrere verschiedene Gase detektieren lassen. Einerseits können durch ein geeignetes Design verschiedene Resonanzen des Mikroresonators 2 für unterschiedliche Gase 3 mit den entsprechenden Resonanzfrequenzen ausgenutzt werden, zum anderen ermöglicht die kompakte Bauweise eine Integration mehrerer Mikroresonatoren 2 auf einem einzigen Halbleiterbauelement ("Chip").

[0011] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0012] Fig. 1 zwei Realisierungen a) und b) eines Mikroresonators in einem Photonischen Kristall, der aus Silizium und Luft besteht;

[0013] Fig. 2 zwei Ausführungen a) und b) der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0014] Fig. 2. a) zeigt eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, in der ein externer Laser 4 Verwendung findet. Das Licht des Lasers 5, vorzugsweise eines Quantenkaskadenlasers, wird derart in den Mikroresonator 2 eingekoppelt, dass es dort eine Anzahl von Umläufen entsprechend dem Gütefaktor des Mikroresonators 2 vollzieht, bis es schließlich den Mikroresonator 2 verlässt und auf den Detektor 5 trifft. Treten nun Gasmoleküle 3 in den Mikroresonator 2 ein, wird das Licht von den Gasmolekülen 3 teilweise absorbiert, wodurch sich das Signal auf dem Detektor 5 verringert. Durch den vielfachen Umlauf des Laserlichts innerhalb des extrem kleinen Mikroresonators 2 ergibt sich eine effektive Wechselwirkungslänge, die nach J. D. Joannopoulos et al., Nature 386, 143 (1997) bis zu 10.000 mal länger sein kann als dessen physikalische Länge. Dadurch ergibt sich bei sehr kleinen Abmessungen eine besonders hohe Empfindlichkeit.

[0015] Fig. 2. b) zeigt eine weitere Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Im Unterschied zur Ausführung nach Fig. 2. a) bildet hier anstelle eines externen Lasers 4 der Mikroresonator 2 selbst zusammen mit einem laseraktiven Material 6 den Laser. Die Lasertätigkeit wird hier sehr stark von den Eigenschaften des Resonators beeinflusst, so dass der optische Gassensor auf diese Weise bereits auf sehr geringe Gasmengen empfindlich ist.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur optischen Detektion eines oder mehrerer gasförmiger Stoffe 3, bestehend aus einem Photonischen Kristall 1, der einen Mikroresonator 2 enthält;  
einer Lichtquelle 4;  
einem Detektor 5.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle 10 ein Quantenkaskadenlaser ist.
3. Vorrichtung zur optischen Detektion eines gasförmigen Stoffes 3, bestehend aus einem Photonischen Kristall 1, der einen Mikroresonator 2 enthält;  
einem laseraktiven Material 6 innerhalb des Mikroresonators 2; einem Detektor 5.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Mikroresonator 2 verschiedene Resonanzen aufweist, die für die Detektion der einzelnen gasförmigen Stoffe 3 verwendet werden.

5. Vorrichtung zur Detektion mehrerer gasförmiger Stoffe 3, bestehend aus mehreren Vorrichtungen gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet dass diese auf einem Chip integriert sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

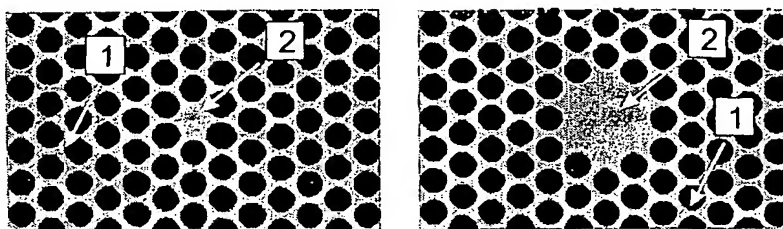
45

50

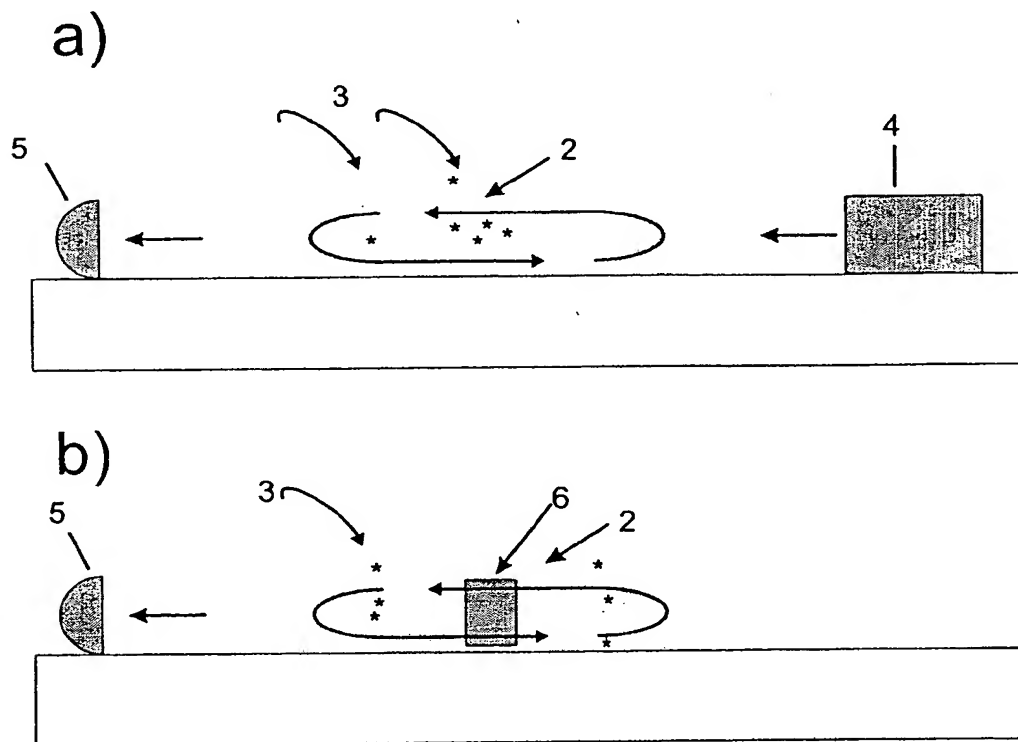
55

60

65



**Abbildung 1: Verschiedene Mikroresonatoren in Photonischen Kristallen**



1 Photonischer Kristall, 2 Mikroresonator, 3 Gasmoleküle, 4 Laser 5 Detektor, 6 Laseraktives Material,

**Abbildung 2: Verschiedene Mikro-Gassensoren**